音乐训练对4～5岁幼儿普通话声调范畴感知能力的影响*

姚尧[1，2]　　陈晓湘[1]

([1]湖南大学外国语学院，长沙，410082) ([2]长沙理工大学外国语学院，长沙，410114)

摘　要 已有研究表明，音乐训练能提高成人对普通话声调范畴感知的能力，此种训练能否增强幼儿对声调范畴感知的能力？训练效果是否受到训练时间长短的影响？本研究对幼儿园4～5岁幼儿进行音乐训练，共40人，分成音乐组和控制组，每组各20人，追踪考察音乐训练和训练时间长短对幼儿声调范畴感知能力提升的影响。实验采用前测-中测-后测设计，对音乐组开展每周3次，每次30分钟，以小钟琴演奏为主的音乐训练；控制组不进行任何有组织的训练活动。结果发现，12个月音乐训练提升了幼儿对声调范畴感知的程度，表现为音乐组幼儿范畴边界宽度显著小于控制组，而训练6个月时，该优势并不显著。此外，12个月音乐训练还加强了幼儿区分范畴内刺激声学差异的敏感性，而对范畴间刺激的区分能力无显著提高。本研究结果支持了音乐学习的歌剧理论(OPERA)，音乐训练具有跨域迁移作用，可提升4～5岁幼儿对普通话声调范畴感知的能力，但只有长期持续的训练才可能真正促进幼儿对音高进行精细化加工。

关键词 音乐训练；跨域迁移；声调范畴感知；4～5岁幼儿

分类号 B844.12

*收稿日期：2019-08-22

*国家社科基金项目（14BYY144）、湖南省社科基金一般项目（18YBA071）、长沙理工大学青年教师成长计划（2019QJCZ092）资助。

通讯作者：陈晓湘，E-mail: sophycxx1963@126.com

1 前言

关于音乐训练对语言学习的作用，存在两种截然不同的观点：一是音乐训练难以影响语言发展；二是音乐训练可以促进语言发展。两种观点对理解音乐训练与语言学习的关系的看法不同，前者认为音乐训练不参与语言加工过程，音乐学习与语言学习相互独立(Peretz, 2009; Peretz & Coltheart, 2003)；后者认为音乐训练具有跨域迁移作用，音乐学习与语言学习共享一些加工机制(Asaridou & McQueen, 2013; Patel, 2008, 2014)。音乐训练的跨域迁移作用建立在音乐学习的多感知通道属性基础之上，长期的音乐训练使音乐家将与声音有关的动作表征与听觉表征联结得更精准，因而促进语言领域的认知加工(Lee & Noppeney, 2011)。随着认知科学的发展，揭示音乐训练对语言学习的作用已成为音乐训练相关领域的研究热点。

基于音乐训练多感知通道表征对语言加工的支持，Patel(2014)提出音乐学习歌剧理论(OPERA), 认为音乐学习与语言学习之间并不是相互独立的，而是共享诸多感知与认知加工过程。由于音乐学习对声音表征的要求更精准、重复的次数更多、对情绪的表达更强、对注意力的要求更集中，因而可以提高语言加工水平。换言之，音乐训练中针对个体的音乐音准、旋律、节奏和情感表达等进行综合训练，无形之中打通了语言学习中对音高、时长、韵律等的感知通道，自然而然提升个体对语音特征变化的感知加工能力。研究发现，成人音乐家比非音乐家表现出更好的对音高、音色或时长等语音元素加工的优势(Hutka, Bidelman, & Moreno, 2015；Marie, Kujala, & Besson, 2012；Schön, Magne, & Besson, 2004)，噪音背景下成人音乐家的语音感知表现也会更好(Başkent & Gaudrain, 2016; Du & Zatorre, 2017)。一系列以儿童为被试的实证研究也支持了歌剧理论，有研究表明音乐训练可以提高学前幼儿的声韵觉识水平(Degé & Schwarzer, 2011)。François, Chobert, Besson 和 Schön (2013)通过考察 8 岁儿童语音切分能力，发现接受了两年音乐训练的儿童其语音切分能力显著高于接受了同样时间绘画训练的儿童。Nan 等人(2018)在中文条件下运用行为实验和脑电技术，纵向追踪 4~5 岁汉语母语幼儿钢琴学习向语言领域迁移的脑机制，发现钢琴学习可以预测 4~5 岁幼儿行为水平的辅音辨别能力及神经反应的声调辨别能力。在音段层面的语言加工中，音乐经验对儿童语音感知的影响已获得了较多实证支持。在超音段层面，Nan 等人(2018)发现了音乐训练提升普通话儿童对于典型声调感知敏感度的神经生理学证据；但在行为学层面，长期音乐训练所获得的音高经验对汉语母语儿童更为精细的声调范畴感知是否也存在影响？

这是本研究所关注的第一个重要问题。

此外，音乐训练对儿童语音感知的影响是否与训练时间长短有关？围绕这一问题，已有研究看法不同。Moreno 等人(2009)通过脑电技术发现，6 个月音乐训练可以提高 4～5 岁幼儿的音高感知水平。但也有研究认为短期训练对音高加工作用不显著，Chobert, Francois, Velay 和 Besson (2014)发现 12 个月音乐训练对 8～10 岁儿童感知时长和嗓音起始时间有影响，对音高没有显著影响。Strait, Parbery-Clark, O'Connell 和 Kraus (2013)采用脑电技术发现，至少要一年的音乐训练才能增强 3～5 岁幼儿噪音背景下语音辨别能力，两年的社区音乐训练相对于一年的效果更显著。儿童音高感知能力与音乐训练时间长短的关系问题存在一定的争议。然而，先前研究被试大多为非声调母语儿童，非声调母语者对声调感知存在一定困难(Hallé, Chang, & Best, 2004)。因此，本研究的第二个重要问题即探究音乐训练时间长短对声调母语儿童感知普通话声调的作用。

为了解决这些问题，我们选择声调范畴感知作为本研究的实验范式。主要原因包括以下两点：首先，基于音高线索的范畴感知研究聚焦幼儿对音高进行精细化加工的过程，4~5 岁幼儿在范畴感知的发展过程中，处于飞速发展的阶段(Chen, Peng, Yan, & Wang, 2017)。汉语是声调语言，音高及其变化不同的声调决定汉字的语义信息。已有研究表明，汉语母语幼儿 3 岁时即可较好掌握普通话声调，其感知普通话四个声调的正确率可达到 90% (Wong, Schwartz, & Jenkins, 2005)。因此，如果将典型声调感知作为实验材料，4~5 岁幼儿的实验结果可能会出现天花板效应。语音范畴感知表现为对某一语音刺激非连续的、离散的范畴性知觉，人类对于范畴间的差别比较敏感，而对范畴内的差异则很难区分(Liberman, Harris, Hoffman, & Griffith, 1957)。有研究表明，6 个月大的婴儿开始形成母语语音范畴的概念(Kuhl et al., 2006)，但和成人模式相比具有明显差异，这种差异在儿童进入学龄期乃至青春期后仍然存在(Hazan & Barrett, 2000)。席洁, 姜薇, 张林军, 舒华(2009)通过辨认实验，发现 5 岁与 6 岁、7 岁儿童在感知声调时都具有范畴化特点，但 5 岁组儿童的范畴感知能力显著低于 6 岁组和 7 岁组儿童。Chen 等人(2017)的研究通过辨认实验和区分实验对 74 名 4～7 岁普通话儿童和成人的声调范畴感知进行对比，结果表明三组不同年龄儿童对声调感知都呈现范畴化特征，6 岁组儿童对声调范畴的辨认率接近成人，显著高于 5 岁组儿童，但区分正确率显著低于成年组被试。3~6 岁是幼儿早期音乐训练的关键期 (Miyazaki & Ogawa, 2006；Takeuchi & Hulse, 1993)。幼儿在 6 岁时大脑皮层厚度达到顶峰(Shaw et al., 2006)，在此之前，大脑的可塑性和敏感性最强(Lenroot et al., 2009；Pascual-Leone, Amedi, Fregni, & Merabet,

2005)。因此，对 4~5 岁幼儿开展音乐训练，考察能否提高其对声调范畴感知的能力，显然有助于我们更全面地认识音乐训练对儿童语言发展的作用。

其次，音乐训练与 4~5 岁幼儿声调范畴感知的关系的探讨有助于促进对音乐学习与语言听觉加工问题的了解。现有研究大多选取横断对比，揭示音乐家与非音乐家对声调范畴感知的差异。Wu 等人(2015)通过对比 32 位音乐家与 32 位普通成人对普通话一至四声的范畴感知特征，发现音乐家在区分范畴内差异的正确率上显著高于普通被试，而区分范畴间差异和辨认范畴边界位置及边界宽度时无显著差异。在辨认音乐音高与语言音高变化时, 与没有音乐训练经验的成人控制组相比, 汉语母语的音乐家表现出更大的失匹配脑电反应(Tang, Xiong, Zhang, Dong, & Nan, 2016)。有研究者发现，音乐家在区分纯音声调的范畴感知上显著高于普通成人(Sares, Foster, Allen, & Hyde, 2018)。这些横断研究结果支持了音乐训练对声调范畴感知的促进作用，却无法厘清先天与后天的关系。有一些证据表明，音乐家后天学习经验更可能是音乐训练促进效应的主要因素。例如声乐演唱者与器乐演奏者在模仿外国口音时都显著优于控制组，但两组音乐家之间对比，声乐演唱者显著优于器乐演奏者，这与后天声乐演唱锻炼了声音运动系统有关(Christiner & Reiterer, 2015)。与横断研究相比，纵向研究通常需要更多的时间、资源与精力的投入，但必不可少，因为唯有纵向研究才有可能最终揭示因果关系(南云，2017)。因此，本研究结合横断对比(音乐组与控制组)与纵向追踪(训练 6 个月与训练 12 个月)，探究音乐训练和训练时间长短与声调范畴感知之间的关系。

本研究分别在训练 6 个月和 12 个月时，对音乐组和控制组幼儿进行声调范畴感知测试。选用乐器演奏而非正式演唱或音乐游戏是因为已有研究发现，乐器演奏涉及多种感官和运动通道之间的交互，复杂度更高，对听觉感知的促进作用更明显 (Herholz & Zatorre, 2012)，多方式相结合的音乐训练可以提高被试对不同刺激的前注意加工水平(陈雅弘, 王锦琰, 2019)。每次测试包含辨认任务和区分任务，辨认任务考查幼儿辨别语音刺激时范畴边界位置和边界宽度数据；基于每一个被试的辨认边界位置，区分任务进一步聚焦幼儿范畴内和范畴间区分正确率。我们提出的实验假设是：4~5 岁幼儿对声调感知具有范畴化特征(已有文献证明，见 Chen et al., 2017; 席洁　等, 2009)，而音乐训练使其范畴化程度提高。本文探讨音乐训练和训练时间的长短如何影响 4~5 岁幼儿声调范畴感知能力的发展。

2 研究方法

2.1 被试

被试来自某高校附属公办幼儿园 2 个自然班，共 46 名幼儿。2 个班随机被安排为音乐组与控制组。因幼儿缺席或课外学习其他乐器各组剔除 3 名被试后，现有 40 人，音乐组 20 人(男生 13 人，女生 7 人)；控制组 20 人(男生 11 人，女生 9 人)。实验开始时被试平均年龄 4.3(±0.41)岁，两组幼儿平均年龄差异不显著。幼儿家长签了知情同意书。

此外，为了避免智力因素对音乐训练效果产生影响，本研究参考 Degé 和 Schwarzer (2011)的研究，所有被试在开展前测前，完成了智力测试(Weiß & Osterland, 1977)。测试分 5 组进行，每组 8 人，每组测试 60 分钟。同年龄的两组被试在智力测试上得分无显著差异(F(1,39)=0.274，p=0.603)，结果见表 1。

表 1 两组幼儿年龄及智力测试结果的均值和标准差

组别	年龄（月）	智力
音乐组	51 (2.91)	110.25 (4.48)
控制组	50.8 (3.0)	111.95 (3.95)

2.2 实验设计

实验采用 2×3 设计(音乐组/控制组;前/中/后测)。其中组别(音乐组/控制组)是被试间变量，测试类型(前测/中测/后测)是被试内变量。音乐组和控制组在此之前均未参加过类似训练。音乐组每次 20 人，每周 3 次，每次 30 分钟，共 12 个月，总计参加 110 次的音乐训练；控制组不进行任何有组织的训练，正常参与班级活动。在训练开始前、训练 6 个月及训练 12 个月时对两个组所有被试进行声调范畴感知测试。本实验采取双盲的实验设计，音乐组由教师在不知情训练目的前提下对幼儿进行音乐教学与引导；前测、中测及后测都由一位实验员在不知晓被试分组情况下采用同质的测试任务实施测试；被试数据以不记名、不分组的方式由另一位实验员进行统计。

2.3 实验材料

2.3.1 声调范畴感知测试

制作实验刺激的原始声音样本为一位普通话女声的自然单音节 dā(搭)和 dá(达)(22050 赫兹采样率，16 位，单声道)。参照 Peng 等人(2010)和 Chen 等人(2017)的研究, 实验使用 *Praat* (Boersma & Weenink, 2009)制作了起点 dá 至终点 dā、间隔 60 赫兹的阳平-阴平连续统，音高等距变化，步长 7.5 赫兹。在处理过程中，除音高外，其余语音参数保持一致，音强

70db, 时间长短 500 毫秒。实验具体语音使用 *Praat* 合成制作(见图 1)。由此，我们得到 9 个语音实验刺激，三次测试均使用同一语音材料。

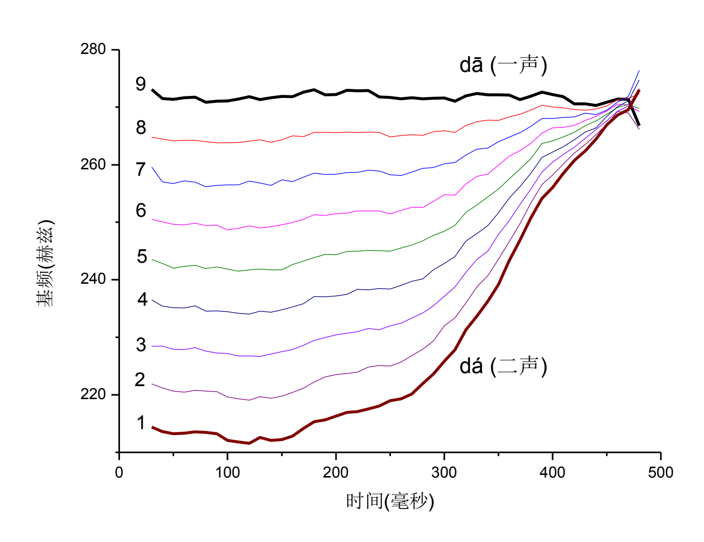


图 1 dá(二声)至 dā(一声)的音高连续统示意图

每次测试都包含辨认和区分两个任务，刺激音的播放通过 E-prime 2.0 完成。正式测试开始前，被试先完成 6 个辨认任务和 4 个区分任务作为训练，熟悉实验流程，对于连续统两端刺激的判断正确率 90%以上方可进入测试。

每次测试都分两天开展，第一天完成辨认实验，大约 5 分钟；第二天完成区分实验，大约 10 分钟。在辨认实验中，每个刺激音重复 5 遍，随机播放，因此每位被试将听到 45 个辨认刺激。所有被试由于均未接受过拼音训练，实验采取图片选择的方式(图 2)，被试辨认刺激音为一声时，按 1 键，选择左图(一辆小汽车在平路上行驶)；被试辨认刺激音为二声时，按 2 键，选择右图(一辆小汽车在上坡路上行驶)。

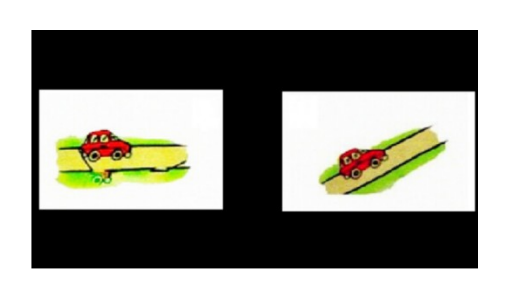


图 2 辨认实验选择示意图



图 3 区分实验选择示意图

在区分实验中，研究者将间隔两步长(15 赫兹)的语音组成一组刺激对(即 1-3、3-5、5-7、7-9、2-4、4-6、6-8、3-1、5-3、7-5、9-7、4-2、6-4 和 8-6)，同时还将相同语音组成一组刺激对(1-

1、2-2、3-3、4-4、5-5、6-6、7-7、8-8 和 9-9)，每组刺激对内的两个刺激音间隔 200 毫秒。每组刺激对重复 4 遍，随机播放，因此每个被试将听到 92 组区分刺激对。区分实验依然采用图片选择法(图 3)，当被试判断两个刺激音相同时，按 1 键，选择左图(两台相同的小汽车)；当被试判断两个刺激音不同时，按 2 键，选择右图(两台不同的小汽车)。测试过程中有三次中场休息，每次休息 10 秒。

两个实验均采用二择一的强迫性选择形式，每一刺激音或刺激对播放结束后，被试需尽可能快地通过按键做出选择，无结果反馈。

2.3.2 数据处理方法

参照 Peng 等人(2010)和 Chen 等人(2017)的数据处理方法，本研究对影响音位范畴感知的三个重要参数进行量化分析：边界位置、边界宽度和区分正确率。

辨认任务对音乐组和控制组幼儿的范畴边界位置与边界宽度进行了考察。边界位置是指两个辨认函数的曲线在辨认率达到 50%处(即两条曲线的交点处)所对应的刺激序号值；边界宽度是指辨认率为 25%与 75%间的线性距离，这个数值由概率分析中的均值与标准差所决定(Peng et al., 2010)。边界位置与边界宽度均采用 Probit 分析拟合得到(Finney, 1971)。边界宽度越窄，表明在边界位置附近从一个声调范畴到另一个声调范畴变化的速率越快，范畴化程度越高。

区分实验对区分正确率进行分析。我们把所有区分刺激对重新分组，每组中均包括了四种类型的刺激对形式，即 AA，BB，AB，BA，比如 2-4 组包含了 2-2、4-4、2-4 和 4-2 这四种刺激对。相邻的组包含重叠的 AA 或者 BB 刺激(比如 5-5 刺激对同时存在于 3-5 组和 5-7 组之中)，因此，一共得到 7 组刺激对，即 1-3、2-4、3-5、4-6、5-7、6-8 和 7-9。对于每组区分正确率的方法采用了 Xu, Gandour 和 Francis (2006)中所提出的计算公式：P=P (‘S’/ S)×P(S)+P (‘D’/D)×P(D)。该公式中，P (‘S’/ S) 代表了被试在听到相同刺激对后，做出“相同”判断的百分比；P (‘D’/D) 代表了被试在听到不同刺激对后，做出“不同”判断的百分比。P(S)代表在每组内相同刺激对占所有刺激对的百分比，P(D)代表在每组内不同刺激对占所有刺激对的百分比。因此，在本实验中，P(S)和 P(D)均为 50%。

此外，基于每一个被试的辨认边界位置，Chen 等人(2017)的研究进一步把区分测试中各组的区分正确率分为范畴内和范畴间区分正确率。比如某一被试的辨认边界位置为 4.8，那么跨过该边界位置的两组区分组(3-5 组和 4-6 组)的平均区分正确率即为该被试的范畴间区分正确率，其余五组区分正确率的平均值即为该被试的范畴内区分正确率。参照该方法，本实验对音乐组和控制组幼儿范畴内和范畴间区分正确率进行了对比。全部数据通过 E-

prime 2.0 收集并在 SPSS 20.0 for Windows 软件系统中输入与处理。

2.4 音乐训练程序和计分标准

前测结束后一周，音乐组幼儿开始接受音乐训练。本研究参照 Chobert 等人(2014)的研究，采用柯达伊音乐教育法与奥尔夫音乐教育法相结合的训练方法，从听音、辩音、演奏和表演四个阶段，设计了一系列适合 4～5 岁幼儿音乐能力发展的音乐训练干预课程。受场地所限，却需确保所有音乐组幼儿接受相同时间、强度和内容的训练，研究者决定利用小钟琴开展训练任务。目前国内大多数幼儿园开设了小钟琴课程，与钢琴类似，小钟琴也是一种音高固定的乐器，共有 32 个音，高低音各 16 个，且音质清脆、音准稳定、操作简单，适合儿童音乐启蒙教学。

本课程每周开展 3 次训练，音乐组所有被试一起，每次 30 分钟，共 12 个月，总计 40 周(110 次左右)。每周第一次为新课，第二、三次课为陪练课，教师指导幼儿对新课内容进行反复练习，发现问题并加以解决，确保音乐组幼儿在训练结束时保持基本相当的小钟琴演奏水平。为了保证训练时间一致，音乐组幼儿统一安排在上午接受集体训练，课后不鼓励幼儿在家中练习小钟琴。

训练具体安排如下：(1)听音：听音乐并唱谱，感知音乐的高低、强弱和快慢；(2)辩音：将注意力集中到音符的音高变化上；(3)演奏：配合背景音乐进行小钟琴演奏；(4)表演：提升演奏曲目难度及长度，无演奏任务的过渡段(每首曲目 10~15 秒左右)，加入简单身体动作，使形式更活泼，表演更完整(具体课程见表 2)。训练过程中，培训教师接受过柯达伊音乐教育法和奥尔夫音乐教育法培训，熟知训练流程、重点及难点，以鼓励的形式引导幼儿充满兴趣、循序渐进地学习音乐。

前 6 个月和后 6 个月训练结束后，音乐组幼儿接受指导教师测评，每次测评任务都包括小钟琴演奏和音阶模唱两部分。小钟琴演奏测试幼儿对所学曲目的掌握是否达到阶段教学要求，教师从幼儿演奏的准确性、完整性、流利性三方面评判，每项 10 分，满分总计 30 分。音阶模唱则考察音乐训练对幼儿音准的影响，测试材料为未训练的旋律，长度在幼儿短时记忆范围之内，测试音域范围为 G3~B4 的 11 个音符。教师采用“回音游戏”设计，在安静、独立的教室使用钢琴弹奏，完整示范一遍后，提示幼儿开始测试。每三个音符为一组，幼儿模仿所听到的旋律将其唱出，每位幼儿提供两遍完整模唱机会。教师通过录音的方式，对幼儿测试歌曲中每个音符的准确或走音进行评判，音准正确记为 1，走音记为 0，满分总计 30 分。

表 2 4～5 岁幼儿音乐训练课程表

阶段	课时	课程内容
第一阶段 听音	第 1 个月 (2 次新课+ 4 次陪练)	目的：认识小钟琴、听音乐并唱谱 重点：听音、唱谱 难点：准确唱谱 训练能力：感知音乐的高低、强弱及快慢 教具：小钟琴
第二阶段 辩音	第 2～4 个月 (9 次新课+ 18 次陪练)	目的：音高对比 重点：识别 32 个音，感知不同的音高 难点：识别 32 个音，并按照节拍击打教师指定的音 训练能力：重点感知不同音符的音高差异 教具：小钟琴、非洲鼓(伴奏)
第三阶段 演奏	第 5～6 个月 (8 次新课+ 16 次陪练)	目的：随音乐演奏简单曲目 重点：区分 32 个音，在一组不同的音中，准确击打教师指定的音 难点：唱谱并配合背景音乐演奏 训练能力：感知音的高低、长短、强弱，并随背景音乐旋律和节拍一起演奏 教具：小钟琴
第四阶段 表演	第 7～12 个月 (18 次新课+ 36 次陪练)	目的：随音乐完整演奏较长曲目 重点：重复随乐演奏训练，提升准确性、流畅性和完整性 难点：唱谱并配合背景音乐演奏 训练能力：感知音的高低、长短、强弱，并随背景音乐节拍演奏，在无演奏任务的过渡段，用小金锤配合简单动作，使表演更完整 教具：小钟琴

3 结果

3.1 音乐训练成绩

音乐组共进行了 12 个月训练，完成 6 个月训练后，音乐组幼儿单独接受指导教师测评，小钟琴演奏和音阶模唱各占总成绩 50%(成绩见表 3)。为了证明音乐组幼儿达到阶段要求且取得进步，研究先对音乐组幼儿两次测试总成绩进行配对样本 t 检验，结果显示二者差异

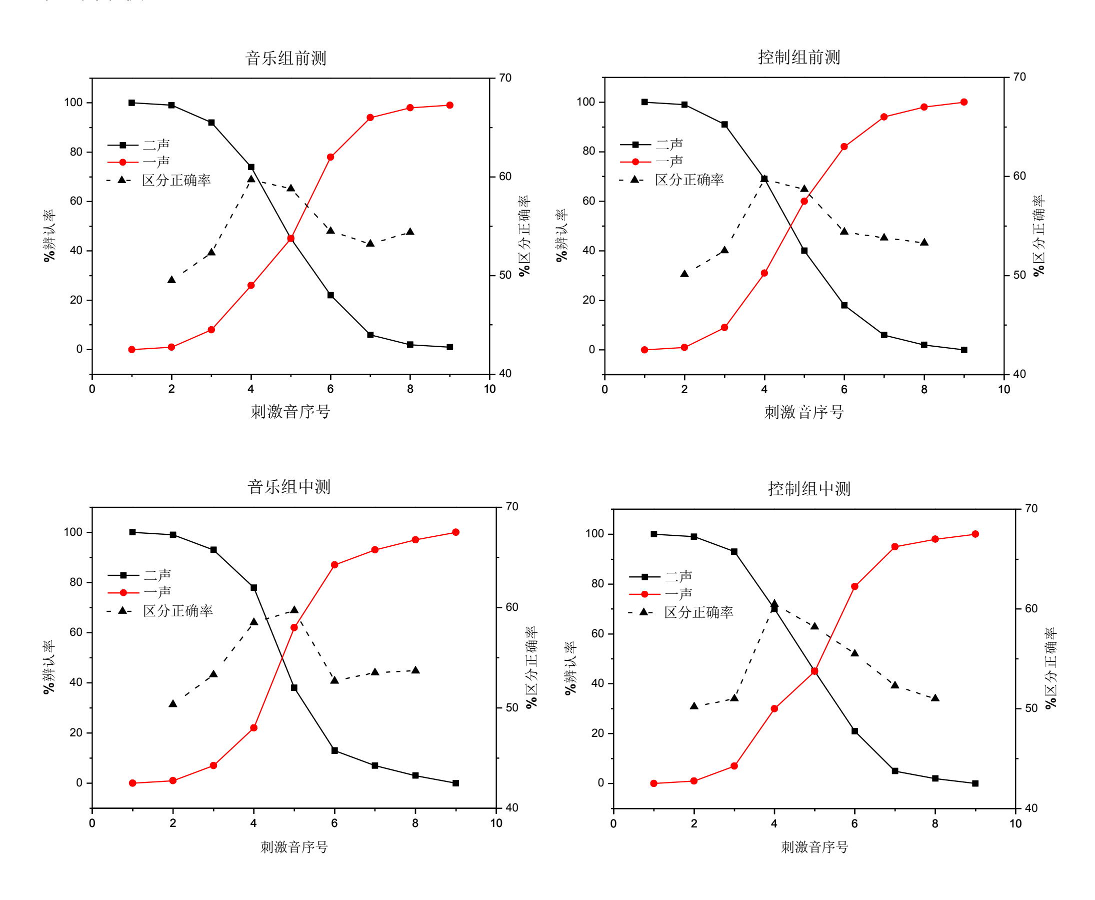
显著($t(19)=12.120$，$p<0.001$)。随后，为了考察音乐训练对幼儿音乐音高感知能力影响，进一步对两次测试中音阶模唱成绩进行配对样本 t 检验，差异显著($t(19)=9.568$，$p<0.001$)。

表 3 音乐组训练成绩的平均值和标准差

测试项目	训练 6 个月	训练 12 个月
小钟琴演奏	25.15 (1.95)	27.75 (1.83)
音阶模唱	23.45 (1.64)	27.80 (1.50)
总分	48.60 (2.23)	55.56 (2.43)

3.2 声调范畴感知测试结果

本研究先对两组在辨认测试中范畴边界位置和边界宽度进行描述统计(结果详见表 4)，并绘制两组在不同测试时间的辨认曲线。此外，就区分测试中平均区分正确率进行统计，描绘三次测试时间平均区分正确率曲线。结果(图 4)显示，三次测试中，两组被试对普通话声调感知都存在范畴边界和区分峰值，表明该年龄段幼儿对声调感知具有范畴化特点，与已有文献所报告的结果一致(Chen et al., 2017；席洁 等, 2009)。基于此，本研究对不同测试时间两组的边界位置、边界宽度及区分正确率(包括范畴内区分率及范畴间区分率)开展进一步统计分析。



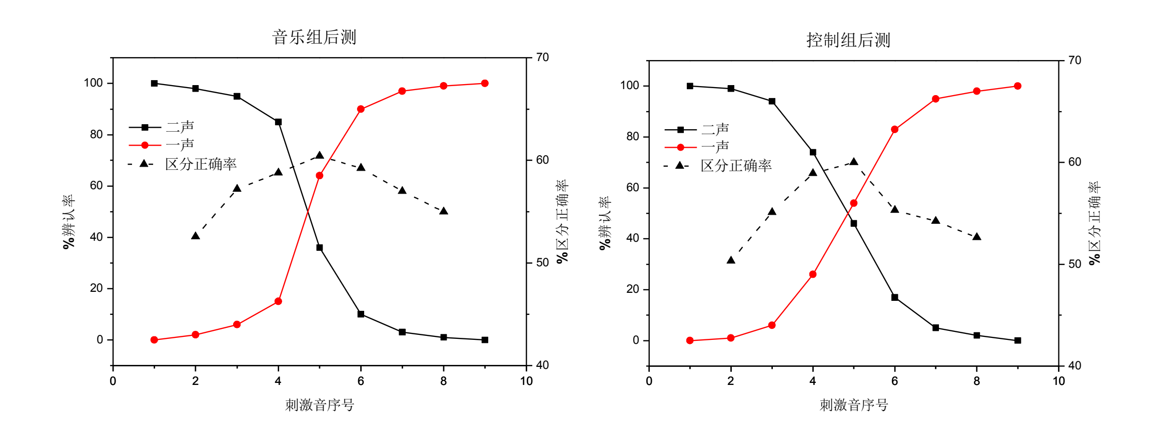


图 4 两组幼儿辨认和区分结果

3.2.1 边界位置测试结果

两组前测、中测和后测的边界位置结果见表 4，对两组被试前测、中测及后测结果进行 2(组别：音乐组/控制组)×3(测试类型：前测/中测/后测)的重复测量方差分析。结果显示，测试类型主效应不显著($F(2,76)=0.21$, $p=0.81$，$\eta^2=0.06$)，组别主效应不显著($F(1, 38)=0.20$, $p=0.66$，$\eta^2=0.05$)；测试类型和组别交互作用不显著($F(2, 76)=0.002$，$p=0.99$，$\eta^2=0.01$)。说明音乐训练对边界位置感知影响不大，且无论是音乐组还是控制组被试，三次测试时间边界位置都无显著差异。

3.2.2 边界宽度测试结果

在不同测试时间的辨认实验中，各组边界宽度分布见图 5。我们首先对边界宽度进行 2(组别：音乐组/控制组)×3(测试类型：前测/中测/后测)的重复测量方差分析，结果显示交互效应显著($F(2,76)=3.60$，$p=0.03$，$\eta^2=0.09$)。本文分别从两个方向对交互作用的效果进行分析：首先，对训练前后两个组的边界宽度进行分析，结果显示：对于前测，两个组边界宽度值差异不显著($p=0.79$)；对于中测，两个组差异不显著($p=0.49$)；而对于后测，两个组差异显著($p<0.001$)。其次，对每个组三次测试的成绩进行简单效应分析表明，音乐组的前测和后测宽度差异显著($p<0.001$),中测和后测宽度差异显著($p=0.02$),而前测和中测差异不显著($p=0.35$)；控制组前测和中测、前测和后测、中测和后测差异均不显著($ps>0.05$)。

上述结果说明，音乐训练对范畴边界宽度缩小有显著的效果，边界值越小，表明范畴化程度越高。训练前和训练 6 个月时两个组差异不显著，训练 12 个月时音乐组的边界宽度显著小于控制组。特别要说明的是，控制组在三次测试中，边界宽度并没有随年龄增长发生显著变化，而同龄的音乐组被试接受 12 个月音乐训练后，边界宽度出现显著变化，说明

4~5 岁音乐组幼儿确实是因为音乐训练缩小了边界宽度值而提高了声调范畴感知能力，并没有受年龄因素干扰。

表 4 两组幼儿辨认边界位置及边界宽度的均值和标准差

组别	边界位置			边界宽度		
	前测	中测	后测	前测	中测	后测
音乐组	4.84 (0.44)	4.81 (0.49)	4.79 (0.50)	1.67 (0.29)	1.51 (0.50)	1.17 (0.47)
控制组	4.81 (0.46)	4.77 (0.36)	4.75 (0.51)	1.64 (0.41)	1.59 (0.32)	1.55 (0.36)

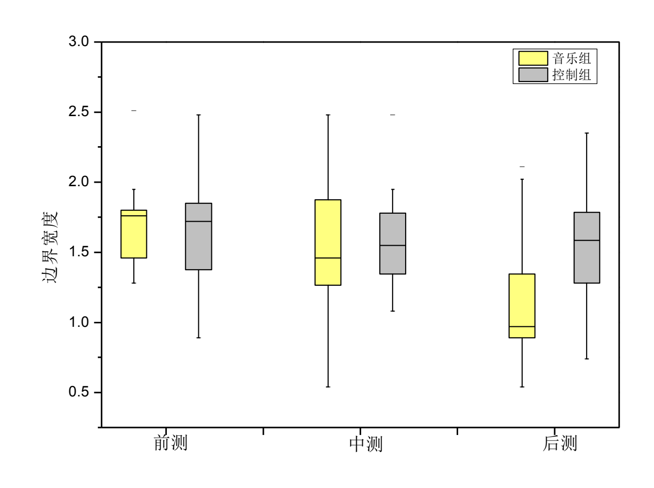


图 5 两组幼儿边界宽度分布

3.2.3 区分正确率测试结果

在不同测试时间的区分实验中，音乐组和控制组每一组刺激音的区分正确率分布情况见图 6。首先，我们可以看到，两组被试在三次测试中都出现了区分的峰值，但分布位置有变化。前测时，音乐组和控制组被试的区分峰值都落在 3-5 刺激对上；中测时，音乐组被试的区分峰值落在 4-6 刺激对上，而控制组依然停留在 3-5 刺激对；后测时，两组被试的区分峰值都落在 4-6 刺激对上。结果反映出在无音乐训练时，年龄增长会使该年龄段儿童出现区分峰值右移，音乐训练会使得该趋势提前。

其次，我们将区分正确率结果分成两组，范畴内区分正确率和范畴间区分正确率。两组被试在辨认实验中的边界位置无显著差异，因此 3-5 刺激对和 4-6 刺激对的均值为范畴间正确率，其他 5 组刺激对的均值为范畴内正确率。各组的范畴间平均正确率如图 7 所示，音乐组和控制组在前测时分别为 59.32%和 59.24%；中测时分别为 59.41%和 59.43%；后测时 59.79%，59.46%。对各组范畴间正确率进行 2(组别：音乐组/控制组)×3(测试类型：前测/中测/后测)重复测量方差分析，结果表明测试类型主效应不显著($F(2,76)=1.37$，$p=0.26$, η^2

=0.03)，组别主效应不显著($F(1,38)=0.10$，$p=0.75$，$\eta^2=0.01$)，组别和测试类型交互效应不显著($F(2,76)=0.07$，$p=0.94$，$\eta^2=0.002$)。结果说明音乐训练对两组范畴间正确率影响不显著，音乐组幼儿对范畴间刺激区分正确率比控制组略高，但结果不显著。

各组的范畴内平均正确率如图 7 所示，音乐组和控制组在前测时分别为 52.79%和 52.75%；中测时分别为 52.74%和 52.91%；后测时 56.19%，53.03%。在范畴内区分正确率上进行 2(组别：音乐组/控制组)×3(测试类型：前测/中测/后测)重复方差分析结果显示：组别与测试类型交互效应显著($F(2,76) = 207.51, p < 0.001, \eta^2=0.09$)。从两个方向进行简单效应发现，前测和中测时，组别差异均不显著($ps > 0.05$)；后测时，组别差异显著($p < 0.001$)；音乐组在前测和中测差异不显著($p>0.05$)，但后测和前测、后测和中测时差异显著($ps < 0.001$)，控制组三次测试之间差异均不显著($ps > 0.05$)。结果证明接受了 12 个月音乐训练的幼儿对范畴内刺激的区分正确率显著高于无音乐训练儿童，6 个月音乐训练对范畴内刺激区分正确率无显著影响。此外，控制组 4~5 岁幼儿对范畴内刺激区分正确率没有随年龄增长而显著提高。

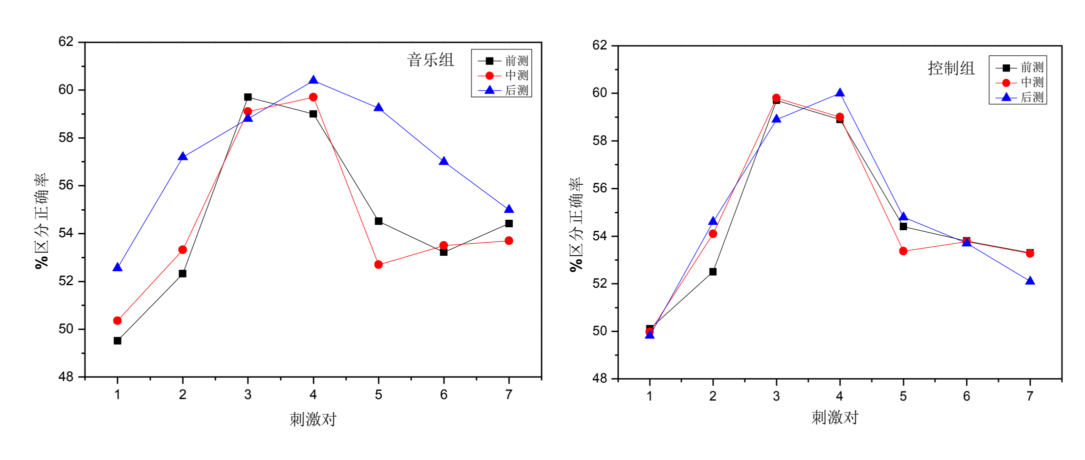


图6 两组幼儿区分正确率分布

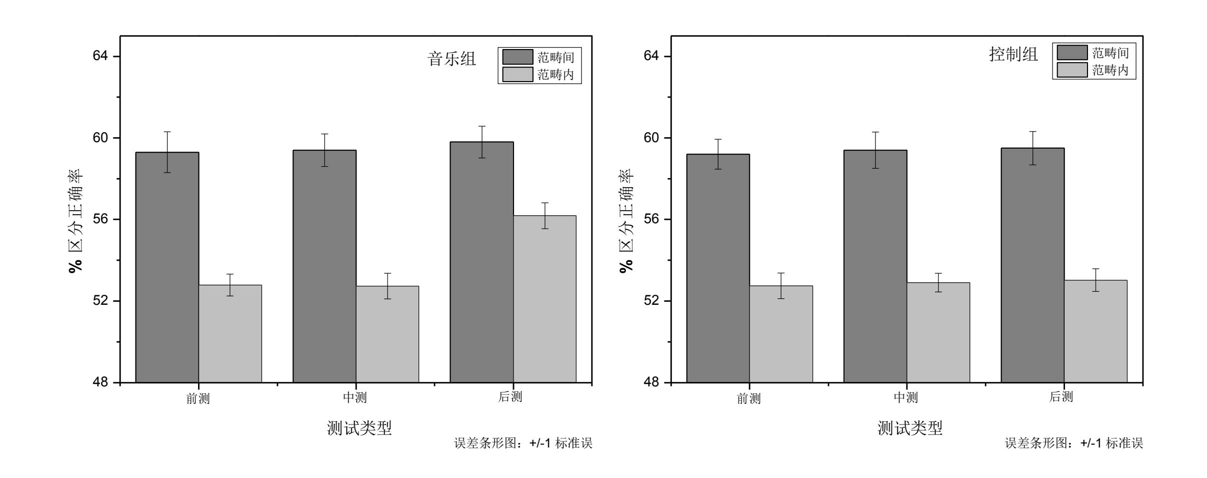


图7 两组幼儿范畴间刺激和范畴内刺激区分正确率

为探讨音乐组声调范畴感知能力提升与12个月音乐训练的关系，将代表范畴感知能力提升的边界宽度缩小值(定义为：训练12个月与训练前边界宽度的差值)与代表音乐音高感知能力增强的音阶模唱成绩提升量(定义为：训练后6个月与训练前6个月音阶模唱成绩的差值)进行Pearson相关分析，相关分析结果见图8，结果显示二者存在显著正相关(r=0.567，$p<0.05$)。

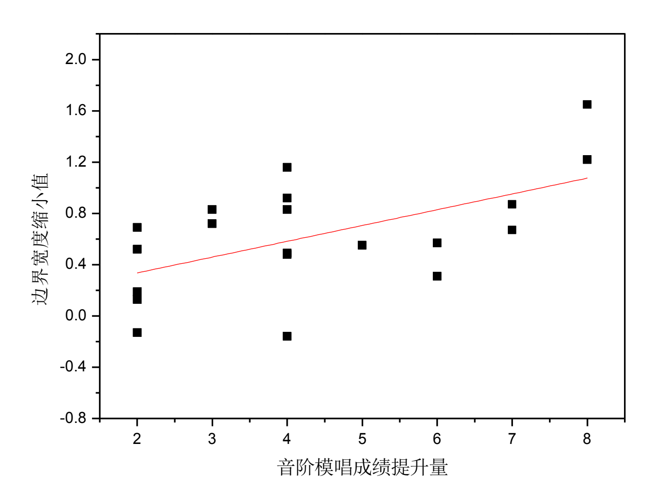


图8 训练12个月后音阶模唱成绩与声调范畴感知能力改变的相关性

4 讨论

本研究选择了幼儿园4～5岁幼儿进行音乐训练任务，通过声调范畴感知实验追踪考察音乐训练对幼儿普通话声调范畴感知能力是否存在影响，以及训练时间长短对训练效果的影响，具体讨论如下。

4. 1 音乐训练对幼儿声调范畴感知的效果

有关音乐训练的第一个问题是，音乐训练效果是否真正提高了幼儿对普通话声调范畴感知的能力?

本研究发现，在三个测试时间，两组被试的辨认曲线都具有明显的范畴感知S型特点，区分曲线上出现明显的峰值，且峰值落在边界位置附近，证明声调感知的范畴化特点在汉语儿童听觉加工中出现。控制组被试虽然随年龄增大，范畴化程度略有增强，但辨认任务中的边界位置和边界宽度、区分任务中的范畴间区分正确率和范畴内区分正确率变化均不显著，证明4至5岁期间12个月的年龄增长对幼儿声调范畴感知效果不显著。该研究结果与已有结论一致，汉语儿童对声调感知具有范畴化特点，6岁之后范畴化能力才会慢慢向成人靠

扰(Chen et al., 2017；席洁 等, 2009)。本研究中被试完成三次测试时均未达到 6 岁声调感知关键期，因此年龄增长对本实验中被试精细音高加工影响不显著。

剔除年龄因素干扰后，本研究考察了音乐训练对儿童声调范畴感知的效果问题。结果发现围绕小钟琴演奏开展 12 个月音乐训练对声调范畴感知有显著的促进作用，表现为辨认边界宽度缩小。Wu 等人(2015)对成人汉语母语者的研究表明，音乐训练可提高范畴内差异的区分正确率，但不能影响被试边界位置、边界宽度及范畴间区分正确率。本研究从儿童母语音位习得层面为音乐训练对听觉加工的正迁移作用提供了更多依据，4~5 岁幼儿对声调范畴感知的能力处于发展期，音乐音高加工经验更易参与语言音高加工过程。此外，已有研究认为相比无音乐训练的普通成人，音乐家对各种形式的声学特征都要更敏感，特别是音乐、语言及纯音中的音高信息(Kuehnis, Elmer, Meyer, & Jaencke, 2013；Marie, Magne, & Besson, 2011；Milovanov et al., 2009；Sadakata & Sekiyama, 2011；Wong & Perrachione, 2007)。本研究的区分结果表明，音乐训练确实提高了幼儿对语言音高声学特征的感知敏感性，表现为范畴内区分正确率提升。然而，由于范畴间差异是音系层面的对立，感知空间比声学层面的对立更稳健，即使 12 个月音乐训练也难以对范畴间区分正确率产生影响。就范畴边界位置而言，本研究发现，无论是 6 个月或是 12 个月音乐训练，都很难对其产生显著影响，原因在于对于母语语音连续统中边界位置附近的语音属性，儿童习得较早且基本成熟(Zhang, Kuhl, Imada, Kotani, & Tohkura, 2005)。有研究者发现 4～7 岁组儿童的辨认边界位置与成人组无显著差异(Chen et al., 2017)。陈飞, 张昊, 王士元, 彭刚(2019)指出，辨认边界位置并不能作为衡量音位感知范畴化程度高低的有效指标。因此，我们认为音乐组幼儿在训练开始前，其范畴感知的边界位置就已经固定了，音乐训练对边界位置很难产生影响。

本研究结果支持了音乐学习的歌剧理论。在歌剧理论看来，音乐与语言共享相同的感觉与认知过程，并且在这个共享神经机制中，音乐比语言涉及的层级更高，因此音乐训练有可能促进言语感知。当这些更高级的神经机制与由音乐创建的情感、音乐训练的重复性及集中注意相结合时，激活了神经可塑性并导致大脑结构与功能的改变。Nan 等人(2018)利用钢琴进行训练，揭示了儿童音乐学习向语言领域迁移的脑机制，音乐训练增强了儿童大脑对语言声调与音乐音高变化的脑神经反应，而阅读训练与控制组则没有此效应。与钢琴类似，小钟琴每个键对应一个固定音符，相邻音符变化由音高决定，与普通话中引起声调变化的音高线索相似。为了进一步说明音乐组幼儿音乐音高经验对声调范畴感知能力改变的贡献，将训练成绩中音阶模唱成绩提升量与边界宽度缩小值进行了相关分析，结果存在显著相关

(r=0.567, p<0.05)。

此外，个体声调范畴感知与前注意加工水平有关。有研究揭示，非音乐专业的普通人在经过短期的音乐训练之后, MMN 波幅会有显著提高(Lappe, Herholz, Trainor, & Pantev, 2008)。实验中将被试分为两组, 一组接受钢琴训练，另一组只接受听觉训练。两周之内共练习 8 次, 每次 25 分钟。训练之后钢琴组被试的 MMN 波幅较训练前显著提高, 而听觉组被试的 MMN 波幅较之前无显著差异。该结果表明, 在音乐训练中，特别是感觉和运动相结合的训练更有利于提高前注意加工水平。此外，Zhao 和 Kuhl (2016)对 9 个月大的婴儿进行了 4 周共 12 次的音乐干预, 让他们听节拍为三拍子的音乐, 并在照料者的帮助下跟随节拍运动。控制组的婴儿不听音乐, 只是自由地玩玩具。结果发现, 音乐干预组比控制组对时间结构的变化更敏感, 诱发的 MMN 波幅更大。本研究音乐训练过程中，教师不仅指导幼儿认识了音阶(高音、中音、低音)、拍子和五线谱，还鼓励幼儿在训练一段时间之后边敲边唱简单欢快的歌曲。这一训练方式将感觉和运动相结合，不仅提高了儿童对音乐音高精准的听觉感知和区分能力，还通过产出练习培养幼儿准确的声音判断和丰富情绪的表达。教师每周进行两次陪练，重复训练加强了音乐的跨域作用，从而影响音乐组被试的对两个范畴边界的判断。

4. 2 音乐训练时间长短对幼儿声调范畴感知的影响问题

关于音乐训练的第二个问题是：6 个月短期训练和 12 个月音乐训练能否提高幼儿声调范畴感知能力？是否需要长期持续的训练才有可能发挥音乐训练的促进效应？

本研究考察音乐训练时间对儿童普通话声调范畴感知的影响。结果显示，6 个月的小钟琴训练对儿童感知声调范畴没有显著影响，12 个月的训练才能产生促进作用，表明语言领域的音高精细化加工能力提升确实需要较长时间。相关的 ERP 研究发现， 6 个月的音乐训练足以引发行为上和神经机制上的改变(Moreno et al., 2009)，即短期音乐训练可对儿童大脑的功能组织产生显著影响。但也有研究发现基于 ERP 的研究结果与行为实验的结果有所不同,如 Zheng 等人(2014)的结果表明, 对于脑电实验中使用的非语言刺激可诱发更大的范畴效应, 可能是由于在前注意阶段的声调知觉主要受到谐波结构的影响, 非语言刺激的谐波结构更简单更有规律性, 因此范畴效应更大。本研究中的测试材料均为语言刺激，因此其引发的范畴效应可能比非语言刺激所引发的效应略小。在实验方法上，Nan 等人(2018)研究提出，对于儿童而言，神经反应的预测效应可能比行为测试的预测效应更敏感，更易在早期观察到显著变化。本实验采用行为测试，6 个月时音乐组幼儿虽没有表现出显著的声调范畴感知优势，但可能神经反应已出现了变化，研究结果在一定程度上为我们今后从神经反应角度

解决这一问题提供了启示。

此外，音乐训练对前注意力的影响还与训练策略有关。Vuust, Brattico, Seppanen, Naatanen 和 Tervaniemi (2012)采用多特征音乐范式对爵士乐者、古典乐者、摇滚乐者及非音乐者进行了比较。结果表明, 爵士音乐者对音高偏差刺激的 MMN 反应显著大于非音乐者。作者认为爵士音乐表演需要很强的听觉分辨能力和即兴创作能力, 他们对刺激音的音高和音强等特征的微小变化很敏感。Tervaniemi，Castaneda, Knoll 和 Uther (2006)的研究也支持了这一观点, 他们发现业余的摇滚乐者由位置偏差刺激诱发的 MMN 波幅显著高于非音乐者。本研究中的音乐训练均使用幼儿熟悉的欢快儿童曲目，乐曲节奏没有摇滚和爵士乐快，且没有开展即兴创作训练，可能在一定程度上影响幼儿对不同刺激的前注意加工水平。同时，大部分已有研究使用钢琴进行训练，受实验条件所限，本研究所使用的小钟琴比钢琴的音域要窄，因此 6 个月的短期训练产生的范畴效应可能没有钢琴训练显著。

5 结论

本研究探讨了音乐训练能否提高 4~5 岁幼儿普通话声调范畴感知能力，训练时间的长短是否影响训练效果。本研究得出以下结论：(1)音乐训练可提升 4~5 岁幼儿声调范畴感知能力发展，具体表现为训练 12 个月后，音乐组幼儿辨认范畴边界宽度缩小，范畴感知能力提高，支持了音乐学习的歌剧理论的观点，音乐训练可以促进语言发展。(2)训练时间长短影响训练效果，12 个月音乐训练能有效缩小幼儿辨认声调范畴边界宽度并提升范畴内刺激区分正确率，但训练 6 个月时，该优势并不明显，证明对幼儿的音乐训练应是长期持续的，短期训练很难促进幼儿对音高进行精细化加工。

本研究只报告了围绕小钟琴演奏开展的音乐训练活动对 4~5 岁幼儿普通话声调范畴感知能力的影响，这方面的研究可通过更多种乐器训练和更长时间追踪验证。同时，还可结合事件相关电位(ERP)及功能性磁共振成像(fMRI)等技术，揭示音乐训练能使幼儿神经系统发生哪些变化，音乐训练的效果能否在较长时间内保留并发挥稳定作用等，这些问题都有待进一步深入的研究。

参考文献

Asaridou, S. S., & McQueen, J. M. (2013). Speech and music shape the listening brain: Evidence for shared

domain-general mechanisms. *Frontiers in Psychology, 4,* 321.

Başkent, D., & Gaudrain, E. (2016). Musician advantage for speech-on-speech perception. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *139*(3), EL51–EL56.

Boersma, P., & Weenink, D. (2009). *Praat: Doing phonetics by computer.* Retrived April 22, 2009 from http://www.praat.org

Chen, F., Peng, G., Yan, N., & Wang, L. (2017). The development of categorical perception of Mandarin tones in four- to seven-year-old children. *Journal of Child Language, 44*(6), 1413–1434.

Chen, F., Zhang, H., Wang, S. Y., & Peng, G. (2019). Intrinsic cues and vowel categorical perception. *Language Science, 18*(4), 399–414.

[陈飞，张昊，王士元，彭刚. (2019). 内部因素与元音范畴感知. *语言科学*, *18*(4), 339–414.]

Chen, Y. H., & Wang, J. Y. (2019). The effect of music training on pre-attentive processing of the brain. *Advances in Psychological Science, 27*(6), 1036–1043.

[陈雅弘，王锦琰. (2019). 音乐训练对大脑前注意加工的影响. *心理科学进展*, *27*(6), 1036–1043]

Chobert, J., Francois, C., Velay, J. L., & Besson, M. (2014). Twelve months of active musical training in 8- to 10-year-old children enhances the preattentive processing of syllabic duration and voice onset time. *Cerebral Cortex, 24*(4), 956–967.

Christiner, M., & Reiterer, S. M. (2015). A Mozart is not a Pavarotti: Singers outperform instrumentalists on foreign accent imitation. *Frontiers in Human Neuroscience*, *9*, 482.

Degé, F., & Schwarzer, G. (2011). The effect of a music program on phonological awareness in preschoolers. *Frontiers in Psychology, 2*, 124.

Du, Y., & Zatorre, R. J. (2017) Musical training sharpens and bonds ears and tongue to hear speech better. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *114*(51), 13579–13584.

Finney, D. J. (Ed). (1971). *Probit analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.

Francois, C., Chobert, J., Besson, M., & Schön, D. (2013). Music training for the development of speech segmentation. *Cerebral Cortex, 23*(9), 2038–2043.

Hallé, P. A., Chang, Y. C., & Best, C. T. (2004). Identification and discrimination of Mandarin Chinese tones by Mandarin Chinese vs. French listeners. *Journal of Phonetics, 32*(3), 395–421.

Hutka, S., Bidelman, G. M., & Moreno, S. (2015). Pitch expertise is not created equal: Cross-domain effects of musicianship and tone language experience on neural and behavioural discrimination of speech and music. *Neuropsychologia*, *71*, 52–63.

Hazan, V., & Barrett, S. (2000). The development of phonemic categorization in children aged 6-12. *Journal of Phonetics, 28*(4), 377–396.

Herholz, S. C., & Zatorre, R. J. (2012). Musical training as a framework for brain plasticity: Behavior, function, and structure. *Neuron, 76*(3), 486–502.

Kuehnis, J., Elmer, S., Meyer, M., & Jaencke, L. (2013). The encoding of vowels and temporal speech cues in the auditory cortex of professional musicians: An EEG study. *Neuropsychologia, 51*(8), 1608–1618.

Kuhl, P. K., Stevens, E., Hayashi, A., Deguchi, T., Kiritani, S., & Iverson, P. (2006). Infants show a facilitation effect for native language phonetic perception between 6 and 12 months. *Developmental Science, 9*(2), F13–F21.

Lappe, C., Herholz, S. C., Trainor, L. J., & Pantev, C. (2008). Cortical plasticity induced by short-term unimodal and multimodal musical training. *Journal of Neuroscience, 28*(39), 9632–9639.

Lee, H., & Noppeney, U. (2011). Long-term music training tunes how the brain temporally binds signals from multiple senses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108*(51), E1441–E1450.

Lenroot, R. K., Schmitt, J. E., Ordaz, S. J., Wallace, G. L., Neale, M. C., Lerch, J. P., Kendler, K. S., Evans, A. C., & Giedd, J. N. (2009). Differences in genetic and environmental influences on the human cerebral cortex associated with development during childhood and adolescence. *Human Brain Mapping, 30*(1), 163–174.

Liberman, A. M., Harris, K. S., Hoffman, H. S., & Griffith, B. C. (1957). The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of Experimental Psychology, 54*(5), 358–368.

Marie, C., Magne, C., & Besson, M. (2011). Musicians and the metric structure of words. *Journal of Cognitive Neuroscience, 23*(2), 294–305.

Marie, C., Kujala, T., & Besson, M. (2012). Musical and linguistic expertise influence pre-attentive and attentive processing of non-speech sounds. *Cortex*, *48*, 447–457.

Milovanov, R., Huotilainen, M., Esquef, P. A. A., Alku, P., Valimaki, V., & Tervaniemi, M. (2009). The role of musical aptitude and language skills in preattentive duration processing in school-aged children. *Neuroscience Letters, 460*(2), 161–165.

Miyazaki, K., & Ogawa, Y. (2006). Learning absolute pitch by children: A cross-sectional study. *Music Perception, 24*(1), 63–78.

Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Santos, M., Castro, S. L., & Besson, M. (2009). Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: More evidence for brain plasticity. *Cerebral Cortex, 19*(3),

712–723.
Nan, Y. (2017). The facilitation effect of music learning on speech processing. *Advances in Psychological Science, 25*(11), 1844–1853.
[南云. (2017). 音乐学习对语言加工的促进作用. *心理科学进展, 25*(11), 1844 - 1853.]
Nan, Y., Liu, L., Geiser, E., Shu, H., Gong, C. C., Dong, Q., Gabrieli, J. D. E., & Desimone, R. (2018). Piano training enhances the neural processing of pitch and improves speech perception in Mandarin-speaking children. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 115*(28), E6630–E6639.
Pascual-Leone, A., Amedi, A., Fregni, F., & Merabet, L. B. (2005). The plastic human brain cortex. *Annual Review of Neuroscience, 28*, 377–401.
Patel, A. D. (2008). *Music, Language, and the Brain*. Oxford: Oxford University Press.
Patel, A. D. (2014). Can nonlinguistic musical training change the way the brain processes speech? The expanded OPERA hypothesis. *Hearing Research, 308*, 98–108.
Peng, G., Zheng, H. Y., Gong, T., Yang, R. X., Kong, J. P., & Wang, W. S. Y. (2010). The influence of language experience on categorical perception of pitch contours. *Journal of Phonetics, 38*(4), 616–624.
Peretz, I. (2009). Music, language and modularity framed in action. *Psychologica. Belgica*, *49*(2–3), 157–175.
Peretz, I., & Coltheart, M. (2003). Modularity of music processing. *Nature Neuroscience, 6*(7), 688–691.
Sadakata, M., & Sekiyama, K. (2011). Enhanced perception of various linguistic features by musicians: A cross-linguistic study. *Acta Psychologica, 138*(1), 1–10.
Sares, A. G., Foster, N. E. V., Allen, K., & Hyde, K. L. (2018). Pitch and time processing in speech and tones: The effects of musical training and attention. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 61*(3), 496–509.
Shaw, P., Greenstein, D., Lerch, J., Clasen, L., Lenroot, R., Gogtay, N., Evans, A., Rapoport, J., & Giedd, J. (2006). Intellectual ability and cortical development in children and adolescents. *Nature, 440*(7084), 676–679.
Strait, D. L., Parbery-Clark, A., O'Connell, S., & Kraus, N. (2013). Biological impact of preschool music classes on processing speech in noise. *Developmental Cognitive Neuroscience, 6*, 51–60.
Schön, D., Magne, C., & Besson, M. (2004). The music of speech: Music training facilitates pitch processing in both music and language. *Psychophysiology, 41*(3), 341–349.
Takeuchi, A. H., & Hulse, S. H. (1993). Absolute pitch. *Psychological bulletin, 113*(2), 345–361.
Tang, W., Xiong, W., Zhang, Y. X., Dong, Q., & Nan, Y. (2016). Musical experience facilitates lexical tone processing among Mandarin speakers: Behavioral and neural evidence. *Neuropsychologia, 91,* 247–253.

Tervaniemi, M., Castaneda, A., Knoll, M., & Uther, M. (2006). Sound processing in amateur musicians and nonmusicians: Event-related potential and behavioral indices. *Neuroreport, 17*(11), 1225–1228.

Vuust, P., Brattico, E., Seppanen, M., Naatanen, R., & Tervaniemi, M. (2012). The sound of music: Differentiating musicians using a fast, musical multi-feature mismatch negativity paradigm. *Neuropsychologia, 50*(7), 1432–1443.

Weiß, R., & Osterland, J. (Eds). (1977). *Grundintelligenztest CFT 1*. Braunschweig: Westermann.

Wong, P. C. M., & Perrachione, T. K. (2007). Learning pitch patterns in lexical identification by native English-speaking adults. *Applied Psycholinguistics, 28*(4), 565–585.

Wong, P., Schwartz, R. G., & Jenkins, J. J. (2005). Perception and production of lexical tones by 3-year-old, Mandarin-speaking children. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 48*(5), 1065–1079.

Wu, H., Ma, X., Zhang, L., Liu, Y., Zhang, Y., & Shu, H. (2015). Musical experience modulates categorical perception of lexical tones in native Chinese speakers. *Frontiers in Psychology, 6*, 436.

Xi, J., Jiang, W., Zhang, L. J., & Shu, H. (2009). Categorical perception of VOT and lexical tones in Chinese and the developmental course. *Acta Psychologia Sinica, 41*(7), 572–579.

[席洁，姜薇，张林军，舒华．(2009)．汉语语言范畴性知觉及其发展．*心理学报*，*41*(7)，572－579.]

Xu, Y., Gandour, J. T., & Francis, A. L. (2006). Effects of language experience and stimulus complexity on the categorical perception of pitch direction. *Journal of the Acoustical Society of America, 120*(2), 1063–1074.

Zhang, Y., Kuhl, P. K., Imada, T., Kotani, M., & Tohkura, Y. (2005). Effects of language experience: Neural commitment to language-specific auditory patterns. *Neuroimage, 26*(3), 703–720.

Zhao, T. C., & Kuhl, P. K. (2016). Musical intervention enhances infants' neural processing of temporal structure in music and speech. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 113*(19), 5212–5217.

Zheng, H. Y., Peng, G., Chen, J. Y., Zhang, C., Minett, J. W., & Wang, W. S. Y. (2014). Influence of tone inventory on ERP without focal attention: A cross-language study. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, *2014*,1–7.

The effects of music training on categorical perception of Mandarin tones in 4- to 5-year-old children

YAO Yao[1,2] ; CHEN Xiaoxiang[1]

([1] *School of Foreign Languages, Hunan University, Changsha 410082, China*)

([2] School of Foreign Studies, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410014, China)

Music and speech share many acoustic commonalities and cognitive mechanisms. Previous studies have found that music training can improve categorical perception (CP) of Mandarin tones in adult musicians. However, it remains to be established whether music training can enhance the categorical perception of Mandarin tones in young children and whether the training effects can be influenced by the training duration.

The present study used a 2 (group: music training vs no-training) × 3 (test time: pre vs 6-month post vs 12-month post) between-and-within-subjects design to investigate the effects of music training on 4- to 5-year-old children's CP of a Mandarin lexical tone continuum (from Tone 1 to Tone 2). The music training consisted of 110 sessions, 30 minutes per session, and three sessions per week for 12 months involving 20 preschoolers. The children were assigned to two groups, music training group (N=20, age range from 49.69 months to 51.42 months, SD=2.91 months) and control group (N=20, age range from 51.69 to 52.56 months, SD=3.0 months). In the music training group, the instructor guided children in activities leading to playing the small carillon, while children in the no-training group were given routine class activities. Each session of music training consisted four parts: Part 1 was "listen and sing songs" in which children learned to master notes and focus attention on subtle pitch changes; Part 2 was "listen and discriminate musical notes", children learned to play a single note accurately according to the background music; Part 3 was "listen and play the carillon", children listened to pitch changes in the background music, sang the notes and played the whole song melody; Part 4 was "play the carillon along with actions", children listened to the background music and learned to play the carillon along with simple dancing actions. Children's CP of tone continuum was measured before the learning began, after 6- month and after 12- month training using two tasks (identification test and discrimination test).

This study investigated if music training can enhance children's boundary position, boundary width, within-category and between-category discrimination accuracy in CP of Mandarin Tone 1 and Tone 2 through 2 (group: music training vs no-training) ×3 (test time: pre vs 6-month post vs 12-month post) repeated measures ANOVA. The results revealed that although the perceptual

boundary positions and ability to discriminate between-category tone pairs were unaffected by training, the boundary width values and within-category discrimination accuracies differed significantly between the experimental and control groups. The analysis of boundary width values and within-category discrimination accuracy revealed a significant interaction between group and test time. An analysis of simple effects further indicated that in the pretest and 6-month posttest, there was no significant effect between music training group and no-training group. In the 12-month posttest, the boundary width decreased significantly and the within-category discrimination accuracies increased significantly in the music training group, while no significant differences were found on boundary width and within-category discrimination accuracy in the control group. These results suggest that long-term music training can enhance children's CP of Mandarin tonal contrasts.

In conclusion, our results supported the OPERA theory that music training can raise the steepness of boundary widths and enhance children's sensitivity to subtle pitch differences between within-category sounds in the presence of robust mental representation in the service of CP of lexical tonal contrasts.

Key words music training; cross-domain transfer; categorical perception of tonal contrast；4- to 5-year-old children